

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-074954  
(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 11-246522

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
KAWAKAMI SHOJIRO

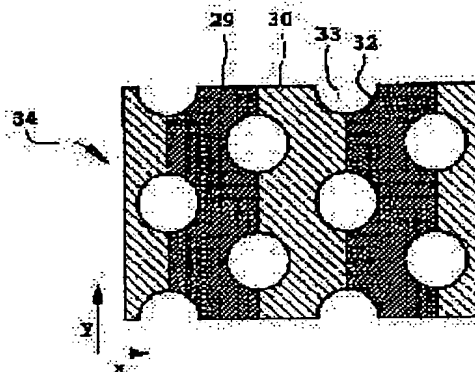
(22)Date of filing : 31.08.1999

(72)Inventor : NOTOMI MASAYA  
TAMAMURA TOSHIKI  
TAKAHASHI CHIHARU  
KAWAKAMI SHOJIRO  
ODERA YASUO  
KAWASHIMA TAKAYUKI

## (54) PRODUCTION OF THREE DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a structural body in which a three-dimensional full-band gap can be formed by a vertical hole process method by alternately laminating layers on a substrate having a pattern formed on which a shape-holding multilayer can be easily formed by self cloning. SOLUTION: A medium 30 (SiO<sub>2</sub>) and a medium 29 (a-Si) are alternately laminated by bias sputtering on a substrate having a pattern formed. By using a laminating mode to completely keep the form of the base (self cloning mode), a two-dimensional periodical laminated structure can be produced. Then, a two-dimensional periodical hole resist pattern is formed again by a lithographic process in this structural body. By using the resist pattern and by vertical dry etching, vertical holes 32 are formed in the structure. As a result, a three-dimensional photonic crystal structural body 34 having the high refractive index medium 29, high refractive index medium 30 and low refractive index medium 33 can be produced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
G 02 B 6/122

識別記号

F I  
G02B 6/12

A

(21) 特願平11-246522

(22) 出願平11年(1999) 8月31日

(71) 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
 (71) 出 願 人 川上 彰二郎 宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋マンションファラオC-09  
 (72) 発 明 者 納富 雅也 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
 (72) 発 明 者 玉村 敏昭 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
 (72) 発 明 者 高橋 千春 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
 (74) 代 理 人 弁理士 谷 義一 (外1名)

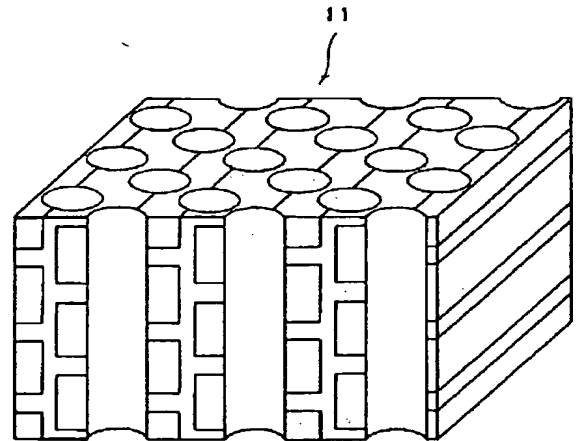
『続きあり』

## ○ 【発明の名称】 3次元フォトニック結晶構造体の作製方法

## (57) 【要約】

【課題】 3次元フルバンドギャップフォトニック結晶構造体の従来の作製方法が非常に高度な作製技術を必要とし、多層で十分な面積を持った結晶を作ることが非常に困難であった問題点を解決する。

【解決手段】 1次元または2次元の周期パターンを形成した基板上へ2種類以上の屈折率の異なる材料を交互に積層することにより2次元または3次元周期積層構造体を形成する周期積層構造体形成工程と、前記周期積層構造体に、その周期性方向に対して垂直に、1次元または2次元の垂直周期構造を加工する垂直周期構造形成工程と、を有することを特徴とする。



## 【発明の属する技術分野】

本発明は、光情報処理、光伝送等に用いられるレーザー、光導波路、光集積回路等の様々な光デバイスを構成するに好適な3次元フォトニック結晶構造体の作製方法に関するものである。

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明では、3次元フルバンドギャップフォトニック結晶構造体の従来の作製方法が非常に高度な作製技術を必要とし、多層で十分な面積を持った結晶を作ることが非常に困難であった問題点を解決することを、課題とする。すなわち、本発明の課題では、自己クローニングによる形状保存多層化が容易であるパターン形成基板上への交互積層を行う方法を用いて、フルバンドギャップを有する3次元フォトニック結晶構造体を得ることのできる3次元フォトニック結晶構造体の作製方法を提供することにある。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1次元または2次元の周期パターンを形成した基板上へ2種類以上の屈折率の異なる材料を交互に積層することにより2次元または3次元周期積層構造体を形成する周期積層構造体形成工程と、前記周期積層構造体に、その周期性方向に対して垂直に、1次元または2次元の垂直周期構造を加工する垂直周期構造形成工程と、を有することを特徴とする3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

【請求項2】 前記垂直周期構造形成工程が、前記周期積層構造体の周期構造が周期性を示す平面にリソグラフィにより1次元または2次元のマスクパターンを形成し、このマスクパターンに従ったエッチングパターンを前記周期積層構造体に形成することにより前記垂直周期構造を得る工程であることを特徴とする請求項1に記載の3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

【請求項3】 前記垂直周期構造に前記交互に積層した材料の少なくとも一方の材料と屈折率の異なる材料を充填することを特徴とする請求項1または2に記載の3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

【請求項4】 前記周期積層構造体形成工程が、前記1次元または2次元の周期パターンを形成した基板上へ、バイアススパックプロセスまたはスパッタエッチングと、スパッタデポジションとを独立または同時に行う成膜プロセスにおける形状保存積層モード（自己クローニングモード）を用いて、前記2種類以上の屈折率の異なる材料を交互積層する工程であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

【請求項5】 前記パターン基板上に2種類以上の屈折率の異なる材料を交互積層する際に、各材料層の積層形状は形状非保存であるが一周期分の積層形状に関しては形状保存するような非対称形状保存モードを用いることを特徴とする請求項4に記載の3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

【請求項6】 前記パターン基板上に2種類以上の屈折率の異なる材料を交互積層する際に、ある一つの材料を形成保存モードで積層した後に垂直性の高くないエッチングを行うプロセスを追加したことを特徴とする請求項4または5に記載の3次元フォトニック結晶構造体の作製方法。

#### 『書誌事項の続き』

(72)発明者 川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区土樋236

(72)発明者 大寺 康夫

宮城県仙台市青葉区土樋1丁目6番15号  
コーポ金子201号

(72)発明者 川嶋 貴之

宮城県仙台市青葉区川内三十人町45番5号  
ル・ヴィラージュ203号

#### 【テーマコード（参考）】

2H047

#### 【Fターム（参考）】

2H047 PA04 PA24 QA02 QA04 TA00

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の3次元フォトニック結晶構造体（フルバンドギャップを持つダイヤモンド構造体）の作製方法を示す模式図である。

【図2】従来の他の3次元フォトニック結晶構造体（フルバンドギャップを持つダイヤモンド構造体）の作製方法を示す模式図である。

【図3】従来のさらに他の3次元フォトニック結晶構造体（フルバンドギャップを持つ3次元正方格子構造体）の作製方法を示す模式図である。

【図4】従来のさらに他の3次元フォトニック結晶構造体（フルバンドギャップを持つ3次元六角格子構造体）の作製方法を示す模式図である。

【図5】2次元正方格子パターンがその上面に形成された基板の前面図である。

【図6】図5に示した基板の斜視図である。

【図7】図5、6に示した基板上に交互積層法によって形成された3次元フォトニック結晶構造体の前面図である。

【図8】図7に示した3次元フォトニック結晶構造体の斜視図である。

【図9】通常の積層条件で図7、8に示した積層を行った場合に実際に作製される構造体の前面図である。

【図10】図9に示した構造体の斜視図である。

【図11】2次元六角格子パターンが形成された基板の斜視図である。

【図12】形状保存モード（自己クローニングモード）を用いて図11に示した基板上に交互積層を行って形成される3次元周期積層構造体の斜視図である。

【図13】図11に示した基板を作製するプロセスを示す模式図である。

【図14】図11に示した基板を作製するプロセスを示す模式図である。

【図15】図11に示した基板を作製するプロセスを示す模式図である。

【図16】2次元フォトニック結晶構造体に垂直穴をあけることにより形成されるフルバンドギャップを持つ3次元フォトニック結晶構造体の斜視図である。

【図17】図16に示した3次元フォトニック結晶構造体を得る前の2次元フォトニック結晶構造体の前面図である。

【図18】図16に示した3次元フォトニック結晶構造体の上面図である。

【図19】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、垂直穴をエッチングにより形成した状態を示している。

【図20】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、SiO<sub>2</sub>による穴埋めおよび表面平坦化した状態を示している。

【図21】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、さらにSi層を積層した状態を示している。

【図22】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、2層目の垂直穴を形成した状態を示している。

【図23】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、2度目のSiO<sub>2</sub>による穴埋めおよび表面平坦化した状態を示している。

【図24】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、3層目のSi層を形成した状態を示している。

【図25】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、3層目の垂直穴を形成した状態を示している。

【図26】図17に示した2次元フォトニック結晶構造体を作製する工程を示す模式図であり、3度目のSiO<sub>2</sub>による穴埋めおよび表面平坦化した状態を示している。

【図27】図17に示した2次元周期積層構造体に変更を加えた2次元周期積層構造体の前面図である。

【図28】図27に示した2次元周期積層構造体に垂直穴をあけることによって形成されたフルバンドギャップを有する3次元フォトニック結晶構造体の上面図である。

【図29】図17に示した2次元周期積層構造体に変更を加えた2次元周期積層構造体の前面図である。

【図30】図29に示した2次元周期積層構造体に垂直穴をあけ、さらにこの穴を媒質29で充填することによって形成されたフルバンドギャップを有する3次元フォトニック結晶構造体の上面図である。

【図31】本発明における3次元フォトニック結晶構造体の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図32】図31に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図33】本発明における3次元フォトニック結晶構造体の他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図34】図33に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけ、この穴に高屈折率材料を充填して得られた構造体の上面図である。

【図35】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図36】図35に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけ、この穴に高屈折率材料を充填して得られた構造体の上面図である。

【図37】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図38】図37に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図39】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図40】図39に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図41】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図42】図41に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図43】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図44】図43に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図45】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図である。

【図46】図45に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図47】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図であって、台形状の積層の斜度が緩い場合に形状保存モードで形成される構造を示している。

【図48】図47に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図49】本発明における3次元フォトニック結晶構造

体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図であって、台形状の積層の斜度が緩い場合に形状保存モードで形成される構造を示している。

【図50】図49に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図51】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、作製の第1段階で形成される2次元周期積層構造体の前面図であって、台形状の積層の斜度が緩い場合に形状保存モードで形成される構造を示している。

【図52】図51に示した2次元周期積層構造体にz軸方向から垂直穴をあけて得られた構造体の上面図である。

【図53】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、六方格子に交互積層した場合に作製される3次元六方周期積層構造体の斜視図である。

【図54】図53に示した周期積層構造体から得られる3次元フォトニック結晶構造体の一部省略して示した斜視図である。

【図55】図54に示した結晶構造体の上面図である。

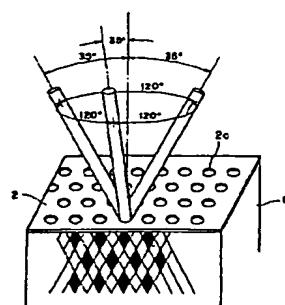
【図56】図54に示した結晶構造体に垂直穴を形成してなる3次元フォトニック結晶構造体の一部省略して示した斜視図である。

【図57】本発明における3次元フォトニック結晶構造体のさらに他の作製方法を説明するためのものであり、六方格子に交互積層した場合に作製される3次元六方周期積層構造体にさらに垂直穴を形成して得られた3次元フォトニック結晶構造体の一部省略して示した斜視図である。

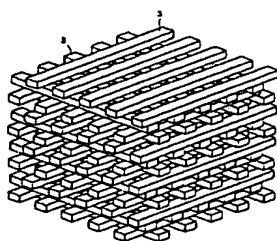
#### 【符号の説明】

- 29、38、61 高屈折率媒質
- 30 低屈折率媒質
- 31、35、40、45、46 2次元周期積層構造体
- 49、50、53、54、57 2次元周期積層構造体
- 32、36、55 垂直穴
- 33 低屈折率媒質
- 34、37、39、41、43、44、47 3次元フォトニック結晶構造体
- 48、51、52、56、60、62 3次元フォトニック結晶構造体
- 58 六角錐台の層
- 59 六方格子グリッド形状層

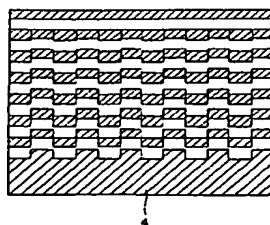
【図1】



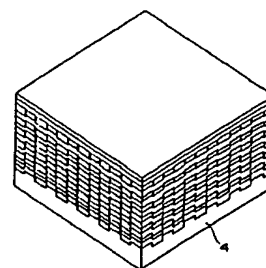
【図2】



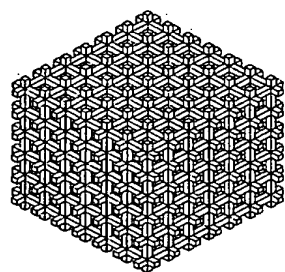
【図9】



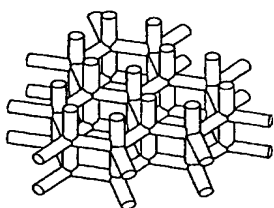
【図10】



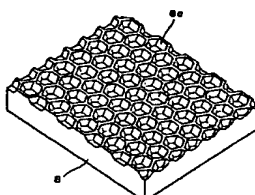
【図3】



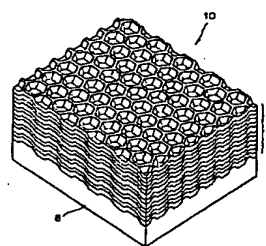
【図4】



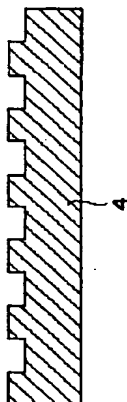
【図11】



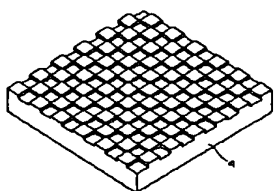
【図12】



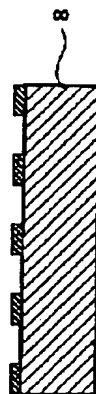
【図5】



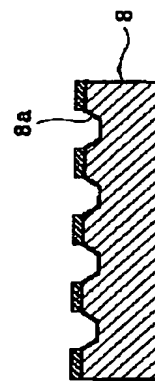
【図6】



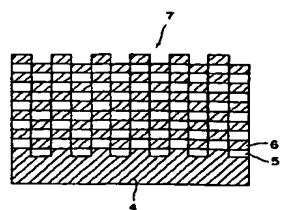
【図13】



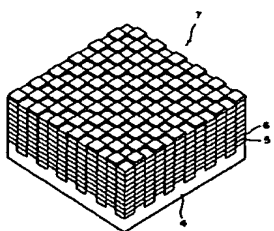
【図14】



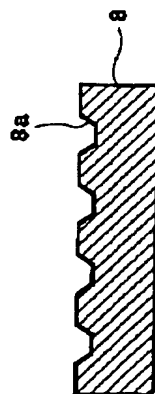
【図7】



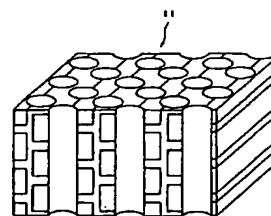
【図8】



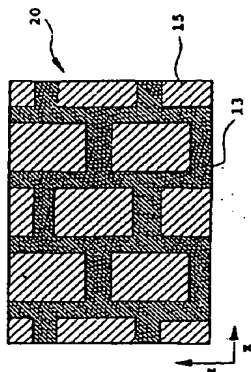
【図15】



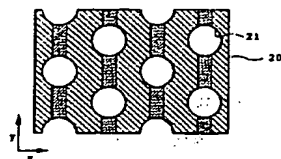
【図16】



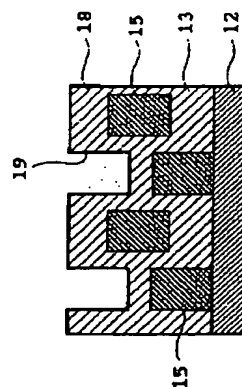
【図17】



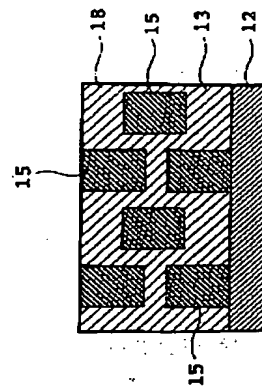
【図18】



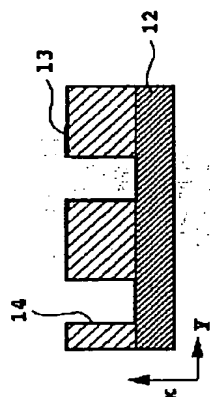
【図25】



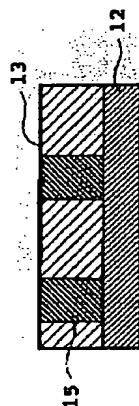
【図26】



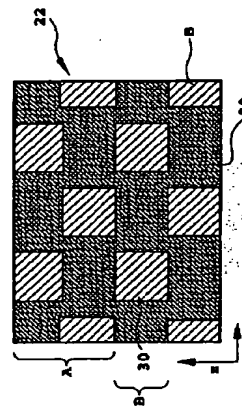
【図19】



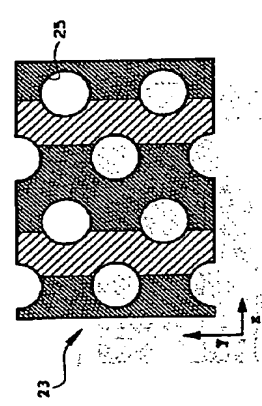
【図20】



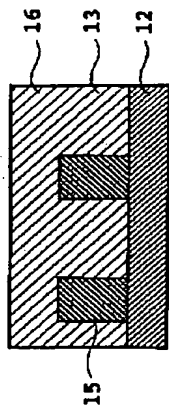
【図27】



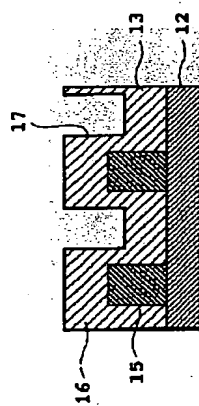
【図28】



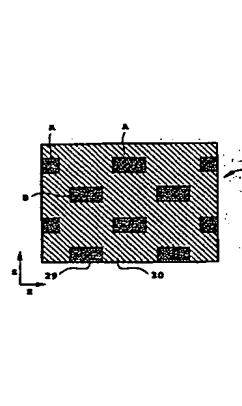
【図21】



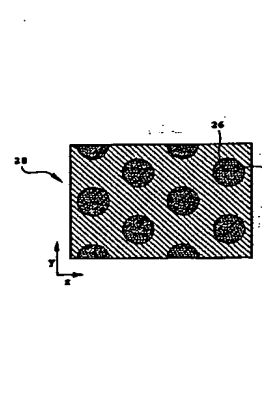
【図22】



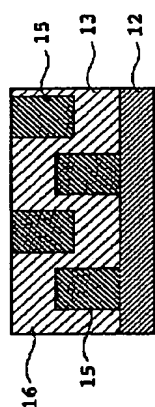
【図29】



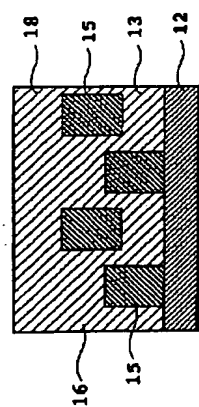
【図30】



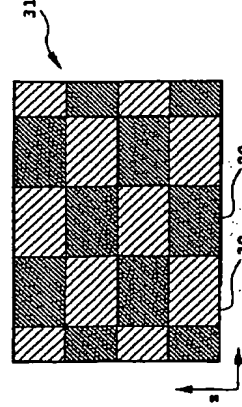
【図23】



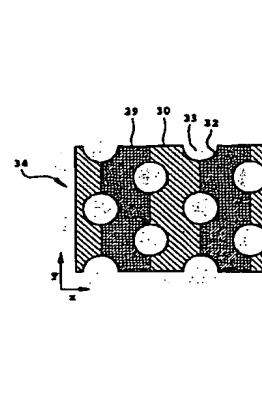
【図24】



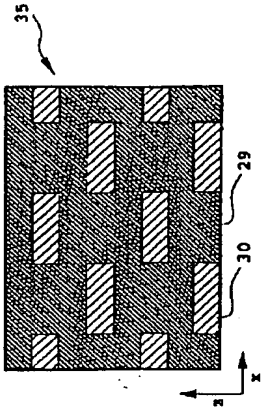
【図31】



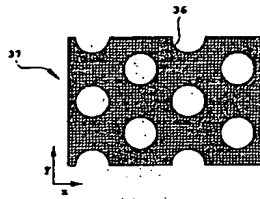
【図32】



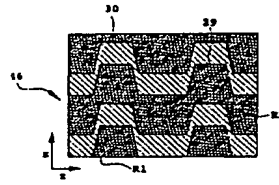
【図33】



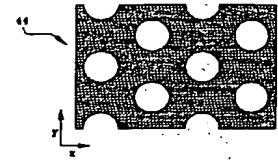
【図34】



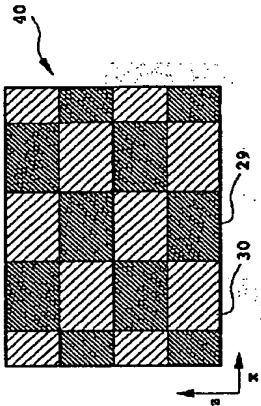
【図41】



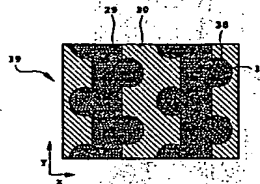
【図42】



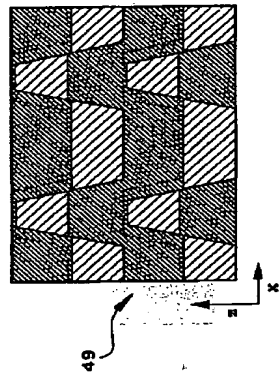
【図35】



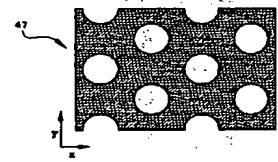
【図36】



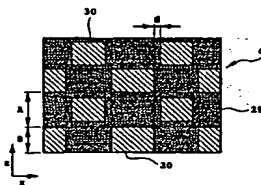
【図43】



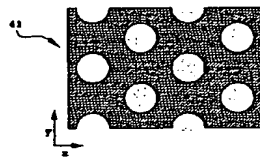
【図44】



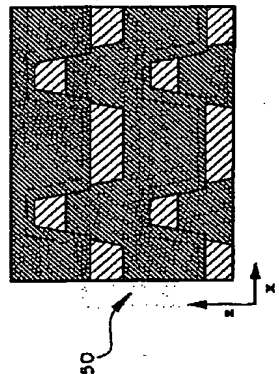
【図37】



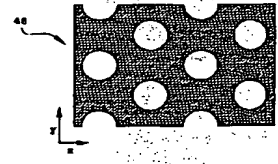
【図38】



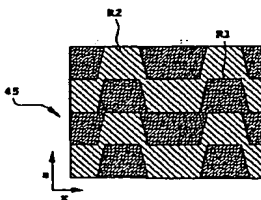
【図45】



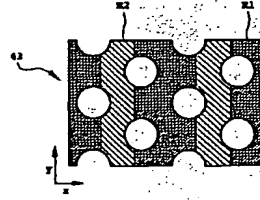
【図46】



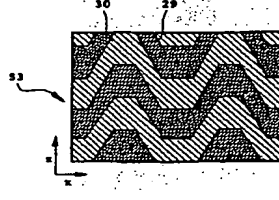
【図39】



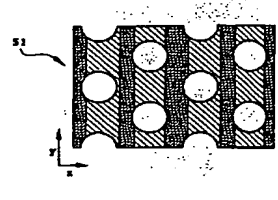
【図40】



【図47】



【図48】



『以下省略』